한국정밀공학회지 제 16 권 제 2 호 (1999 년 2 월)
Journal of the Korean Society of Precision Engineering, Vol. 16, No. 2, February 1999

스테인리스 판재의 굽힘공정에 관한 실험적 연구

김호윤*, 황범철*, 배원병**, 강충길**, 변천덕***

An Experimental Study on the Bending Process of Stainless Steel Sheets

Ho Yoon Kim*, Bum Cheal Hwang*, Won Byong Bae**, Chung Gil Kang**, and Cheon Deock Byun***

ABSTRACT

An experimental study has been carried out to reduce bending load, surface roughness and springback in bending process of stainless steel sheets. A U-bending test has been performed to investigate appropriate process parameters for getting better surfaces and accurate dimensions of stainless steel products. In the test, selected process parameters are die material, lubricant, and die clearance. Die materials used in the test are STD11(HRC60), STD11(TiCN), and AMPCO. From the test results, we can suggest that AMPCO dies are most suitable for reducing bending load and surface roughness of stainless steel sheets. And STD11 dies are favorable for avoiding spring-back in the stainless steel sheet-bending.

Key Words : stainless steel sheet(스테인리스 판재), U-bending(U 자형 굽힘), bending load(굽힘하중), surface roughness(표면조도), springback(스프링백)

1. 서 론

굽힘공정은 평판을 구부려서 곡면을 만드는 작업을 말하며, 판재로부터 채널(channel), 드럼(drum), 탱크(tank) 등을 만드는데 사용되는 잘 알려진 공정이다[1]. 이러한 굽힘공정은 다른 박판성형 공정에도 그 일부로서 포함될 정도로 많이 사용되고 있다.

그런데 수작업으로 굽힘공정을 수행하던 초기와는 달리, 프레스를 이용한 대형제품의 대량생산에 굽힘공정이 사용됨에 따라 굽힘하중이 커지고, 이전에 크게 문제시되지 않았던 스프링백, 표면긁힘 등의 결함들이 많이 발생하여 제품을 손상시키므로 이들에 대한 대책이 필요하게 되었다[2]. 또한 굽히는 동안에 인장응력에 의한 제품 바깥표면의 파단, 압축응력에 의한 안쪽표면의 좌굴 결함이 나타난다[3-5]. 이러한 좌굴이나 파단 등의 결함은 스테인리스 판재에서는 잘 나타나지 않으므로 본 연구에서는 고려하지 않는다.

그러나, 굽힘하중은 프레스선정 및 금형수명에 영향을 미치고, 스프링백 현상은 정밀부품의 치수정도에 큰 영향을 끼치고, 표면긁힘 현상은 비닐코팅이 안 된 스테인리스 판재의 성형을 어렵게 하므로 이에 대한 연구가 매우 필요한 실정이다. 판재의 굽힘하중 및 스프링백에 대한 연구는 다소 수행되고 있으나, 표면긁힘에 대해서는

* 부산대학교 대학원
** 부산대학교 기계공학부
*** LG 전자㈜

거의 없는 상태이다. 특히, 현재 사용이 확대되고 있는 스테인리스 판재의 경우에는 그 표면이 미려하여 성형 후 표면처리가 필요하지 않은데도 불구하고, 표면긁힘을 방지하기 위해 성형 전 비닐을 도포하거나, 성형 후 도색을 하는 등의 불필요한 공정이 추가되고 있다.

본 연구에서는 스테인리스 판재의 굽힘공정에서 여러 가지 공정변수 중 금형재질, 윤활조건, 금형틈새(die clearance) 등의 변화에 따른 굽힘하중 및 스프링백, 표면긁힘의 초기 단계라 할 수 있는 제품 표면의 거칠기를 줄일 수 있는 최적의 공정조건을 찾고자 굽힘실험을 수행하였다.

2. 실 험

2.1 실험소재

실험에 사용한 소재는 가전제품의 생산현장에서 많이 사용되고 있는 다섯 종류의 스테인리스 판재(STS304BA, STS304BB, STS430BA, STS430J1L, STS434BB)를 선택하였다. 제품 성형을 위한 초기 소재의 크기는 140mm × 100mm 으로 하고, 양쪽으로 20mm 의 플랜지를 성형하도록 하였다.

2.2 실험장치

굽힘실험은 인스트론(Instron, 10ton)에서 램 속도 240mm/min 로 수행하였고, 실험에 사용된 장치 및 금형은 Fig. 1 및 Table 1 과 같다.

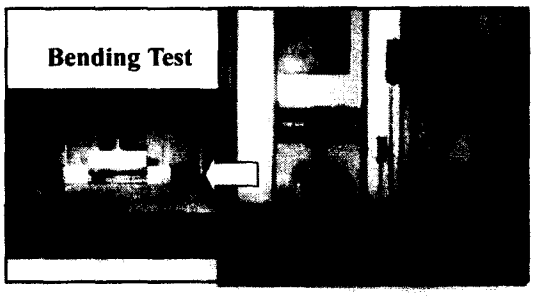


Fig. 1 Tool setup for the bending test

성형된 제품의 표면거칠기는 측정길이를 8mm 로 하여 Surfcom(Mitutoyo 社)으로 측정하였다.

2.3 실험조건

굽힘실험에서 사용한 조건은 Table 2 와 같다. 즉, 같은 소재의 두께에서 금형재질, 윤활조건, 금형틈새의 변화에 따른 굽힘하중, 표면거칠기, 스프링백의 차이 등을 알아보기 위해 선택한 조건이다.

Table 1 Dies used in the bending test

Die Material		STD11	STD11	AMPCO
Surface Treatment		HRC60	TiCN	-
Rockwell Hardness		60.80	57.43	26.50
Surface Roughness	Ra	0.09	0.10	0.10
	Rmax	0.47	0.84	0.75

Table 2 Experimental conditions

Blank		Clearance (mm)	Lubri-cant	Die Material
Name	Thick-ness(mm)			
STS304BA	0.5	0.10	WD40 RDO	STD11 (TiCN)
STS304BB		0.25		
STS430BA	0.7	0.20		STD11 (HRC60)
STS430J1L	1.2	0.20		
STS434BB		0.35		AMPCO

(RDO : Rapid Drying Oil)

3. 실험결과 및 고찰

굽힘실험결과 선택된 공정변수에 따른 굽힘하중, 표면거칠기, 스프링백 등의 변화를 살펴보면 아래와 같다.

3.1 굽힘하중

Fig. 2 에서는 금형재질에 따른 굽힘하중의 변화를 나타내었다. 굽힘하중은 STD11 계열의 금형보다 AMPCO 금형에서 더 작게 나타났다.

Fig. 3 에서는 윤활제에 따른 굽힘하중의 변화를 살펴 볼 수 있다. 윤활조건에 대해서는 속건성 오일을 사용할 경우, STD11 계열의 금형에서는 효과가 나타나지만, AMPCO 금형에서는 윤활의 효과가 거의 나타나지 않았다.

AMPCO 금형에서 하중이 낮고 윤활효과가 적은 것은 Table 1 에서 보듯이 AMPCO 금형의 경도가 STD11 금형의 경도에 비하여 1/2 정도밖에 안되어서 상대적으로 하중 및 마찰저항이 작기 때문이라고 생각된다.

Fig. 4 에서는 금형틈새의 변화에 따른 굽힘하중의 변화를 알 수 있다. 동일한 성형조건에서 금형틈새를 증가시키면 하중은 감소한다. 금형틈새의 변화에 따른 굽힘하중의 변화율은 소재의 두께가 두꺼울수록 크게 나타난다.

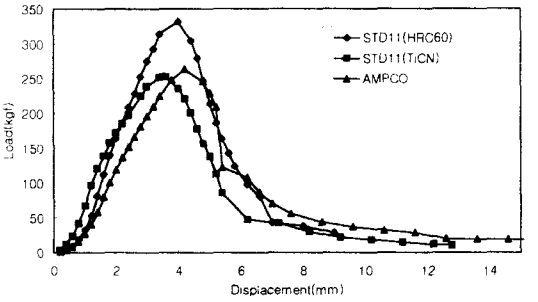


Fig. 2 Effect of die material on bending load
(Material : STS304BA(0.5mm),
Clearance : 0.10mm, Lubricant : WD40)

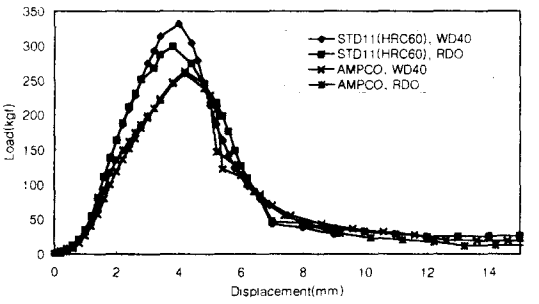
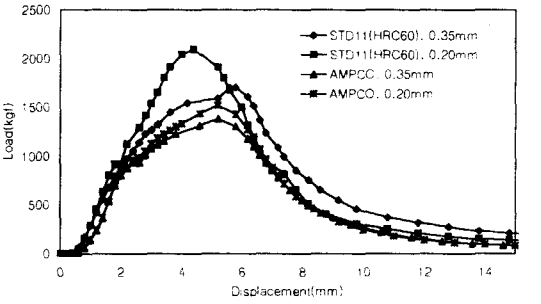


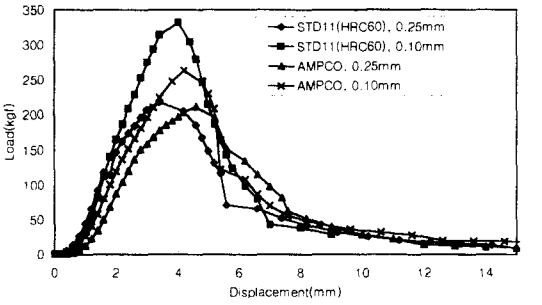
Fig. 3 Effect of lubricant on bending load
(Material : STS304BA(0.5mm),
Clearance : 0.10mm)

3.2 표면거칠기

Fig. 5 에서는 금형재질에 대한 소재의 표면거칠기의 변화를 나타내고 있다. Fig. 5 에서 알 수 있듯이, 상대적으로 무르다고 판단되는 AMPCO 금형이 가장 낮은 거칠기값을 나타내고 있다. 또한 STD11(TiCN) 금형이 STD11(HRC60) 금형보다 낮



a) STS304BA(0.5mm)



b) STS434BB(1.2mm)

Fig. 4 Effect of die clearance on bending load
(Lubricant : WD40)

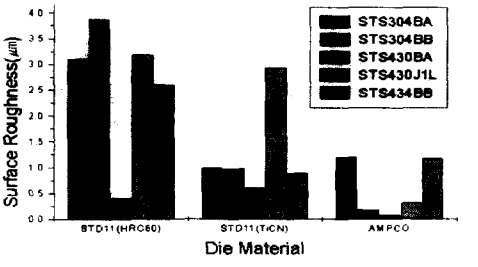


Fig. 5 Effect of die material on Surface Roughness
(Rmax, Lubricant :WD40)

은 거칠기값을 나타내고 있는데, 이것은 STD11 (HRC60) 금형에서는 타붙음현상이 발생하여, 다른 재질보다 특히 거칠기값이 높음을 알 수 있다. 따라서, STD11(HRC60) 금형은 굽힘성형에서 부적합하다는 것을 알 수 있다.

Fig. 6 에서는 윤활조건에 대한 소재의 표면거칠기(Rmax)의 변화를 나타내고 있다. 표면거칠기의 경향은 소재가 얇을 경우에는 WD40 윤활이, 두꺼울 경우에는 속건성오일이 더 낮은 거칠기값을 나타낸다. 이것은 소재가 두꺼운 경우 속건성 오일로 인하여 소재와 다이 사이의 타붙는 현상이 다소 제거되고, 얇을 경우에는 굳어진 오일층이 오히려 소재의 이동을 방해하기 때문이라고 추정한다. 따라서 소재가 두꺼운 경우, 다이가 무윤활 상태인 것은 성형에 다소 무리가 따름을 알 수 있다.

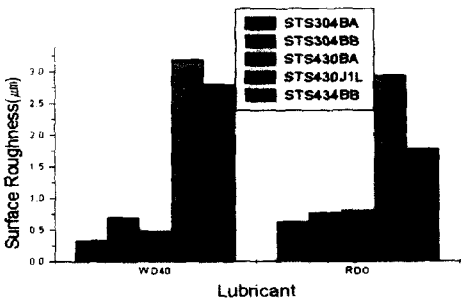


Fig. 6 Effect of lubricant on Surface Roughness (Rmax, Die Material : STD11(HRC60))

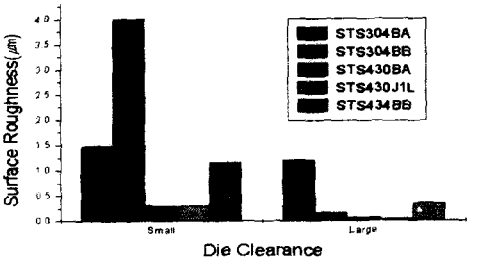


Fig. 7 Effect of die clearance on surface roughness (Rmax, Die Material: AMPCO, Lubricant: WD40)

Fig. 7 에서는 우수한 금형재질로 판단된 AMPCO 금형에 대해, 금형틈새에 대한 소재의 표면거칠기의 변화를 나타내고 있다. STS304 와 같이 소재가 얇고 금형틈새가 작은 경우에는 타붙음현상이 발생하여 표면거칠기값이 높게 나타난 것을 알 수 있다. 그러나, 금형틈새값을 높여서 실험한 결과, 이러한 결함들은 다소 제거되었고, 그 효과는 초기 소재의 거칠기값이 가장 높은 STS304BB 에서 가장 크게 나타났다.

3.3 스프링백

Fig. 8 에서는 금형재질에 대한 성형품의 스프링백의 변화를 나타내고 있다. 대체적인 경향은 두꺼운 소재일수록 스프링백이 적게 나타나고 있다. 이것은 소재의 두께가 두꺼워질수록 소재 내부의 소성변형량이 커지기 때문이다[1,5]. 또한 금형의 재질에 대해서는 STD11(TiCN) 금형이나 STD11(HRC60) 금형에 비하여 AMPCO 금형에서의 스프링백이 더 크다. 이것은 Fig. 2 에서 보듯이 STD11 금형에서의 굽힘하중이 AMPCO 금형에서의 굽힘하중보다 크기 때문에, STD11 금형을 사용할 때 탄성영역이 줄어들었다는 것을 의미한다.

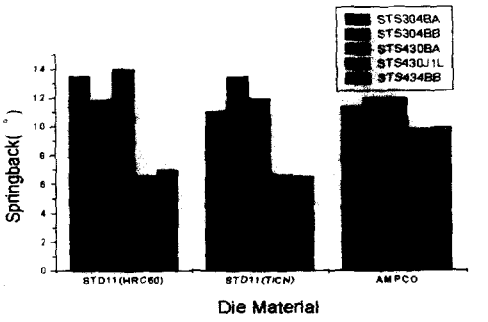


Fig. 8 Effect of die material on Spring back (Die Material : STD11(HRC60), Lubricant : WD40)

Fig. 9 에서는 윤활조건에 대한 성형품의 스프링백의 변화를 나타내고 있는데, 그림에서 나타나듯이 윤활조건에 대한 스프링백의 변화는 별로 없다.

Fig. 10 에서는 금형틈새에 대한 성형품의 스프링백의 변화를 나타내고 있다. 금형틈새가 클수록 스프링백이 증가하게 되는데, 이는 금형틈새가 클

수록 소재를 굽히는 효과가 적어서 소성영역이 좁아지고, 상대적으로 탄성영역이 넓어지기 때문이다. 전반적으로 볼 때 금형재질이나 윤활조건의 영향과 비교하여 금형틈새량은 성형품의 스프링백에 상당한 영향을 끼치는 것을 알 수 있다.

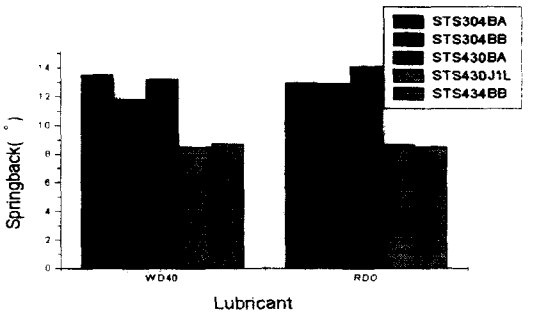


Fig. 9 Effect of lubricant on Spring back
(Die Material : STD11(HRC60),
Clearance : 0.5mm - 0.10mm,
1.2mm - 0.35mm)

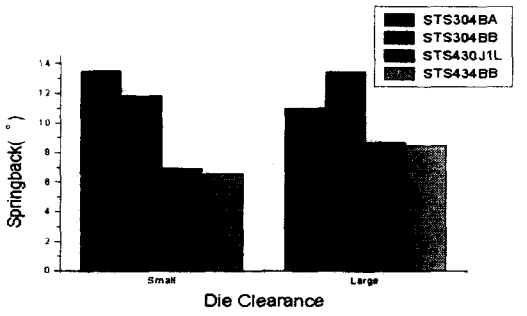


Fig. 10 Effect of die clearance on Spring back
(Die Material : STD11(HRC60),
Lubricant : WD40)

4. 결 론

스테인레스 판재를 U 자형으로 굽히는 실험을 하여, 금형재질, 윤활조건, 금형틈새에 따른 굽힘하중, 성형품의 표면거칠기, 스프링백 등의 변화를 살펴본 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 금형재질은 굽힘하중 및 표면거칠기 면에서 AMPCO 금형이 가장 우수하고, 다음이 STD11 (TiCN)금형이다.
2) 스프링백을 줄이는 데는 STD11 금형이 유리하다.
3) 윤활효과는 STD11 계열의 금형에서 속건성 오일이 굽힘하중을 낮추지만, 스프링백에는 별 영향이 없다.
4) 금형틈새는 그 양이 증가할수록 굽힘하중 및 표면거칠기면에서 유리하지만, 스프링백에는 불리하다.

참 고 문 헌

1. 전기찬, 금속가공학, 반도출판사, 1993.
2. K. Lange, Handbook of Metal Forming, McGraw Hill, 1985.
3. 전기찬, 박판금속의 성형, 반도출판사, 1993.
4. F. Yoshida, R. Hino and T. Okada, "Fracture Strength in Stretch Bending at Die-Corner for Sheet Metal Laminates," Proceedings of the 5th International Conference on Technology of Plasticity, Vol. 2, pp. 805 - 808, 1996.
5. O. Hasegawa and H. Nishimura, "Formability of Aluminum Alloy Extruded Shapes in Press Bending," Proceedings of the 5th International Conference on Technology of Plasticity, Vol. 2, pp. 623 - 626, 1996.